This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

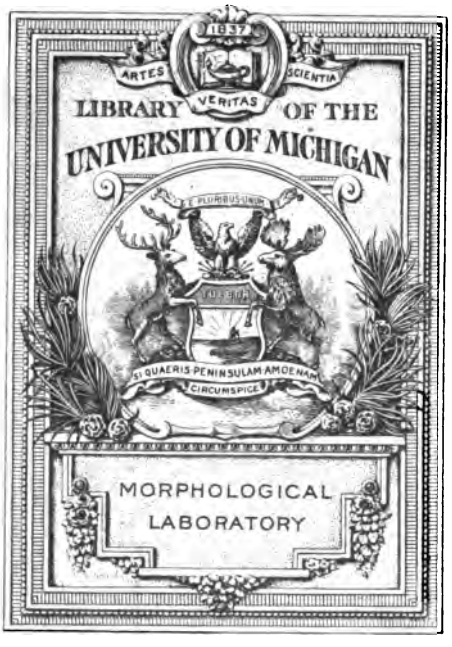
Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

SCIENCE LIBRARY
QH
371
.R12

BUHR A
a39015 01801895

Rabl, C.
Über die züchtende wirkung funktioneller reize.

Univ. of Mich.


1837
ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
MORPHOLOGICAL
LABORATORY

QH
371
.R12

ÜBER DIE
ZÜCHTENDE WIRKUNG FUNKTIONELLER REIZE

REKTORATSREDE

GEHALTEN IN DER AULA
DER K. K. DEUTSCHEN KARL-FERDINANDS-
UNIVERSITÄT IN PRAG AM 18. NOVEMBER 1903

VON

PROF. DR. CARL RABL

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1904

Verlag von **Wilhelm Engelmann** in **Leipzig.**

Born, G., **Über Verwachsungsversuche mit Amphibienlarven.** Aus der entwickelungsgeschichtlichen Abteilung des königl. anat. Institutes zu Breslau. Mit 11 Tafeln. gr. 8. 1897. (Sonderdruck aus »Archiv für Entwickelungsmechanik«. IV. Bd., 3/4. Heft.) ℳ 12.—.

Bütschli, O., **Mechanismus und Vitalismus.** Vortrag, gehalten in verkürzter Form auf dem internationalen Zoologen-Kongress. Berlin 1901. gr. 8. 1901. ℳ 1.60

Daffner, Franz, **Das Wachstum des Menschen.** Anthropologische Studie. Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 3 Figuren im Text. gr. 8. 1902. ℳ 9.—.

Driesch, Hans, **Die Biologie als selbständige Grundwissenschaft.** Eine kritische Studie. 8. 1893. ℳ 1.20.

Driesch, Hans, **Analytische Theorie der organischen Entwickelung.** Mit 8 Textfiguren. 8. 1894. ℳ 3.—.

Driesch, Hans, **Die »Seele« als elementarer Naturfaktor.** Studien über die Bewegungen der Organismen. gr. 8. 1903. ℳ 1.60.

Driesch, Hans, **Die organischen Regulationen.** Vorbereitungen zu einer Theorie des Lebens. Mit einer Figur im Text. gr. 8. 1901. ℳ 3.40.

Eckstein, Karl, **Repetitorium der Zoologie.** Ein Leitfaden für Studierende. Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 281 Figuren im Text. gr. 8. 1898. ℳ 8.—; in Leinen geb. ℳ 9.—.

Eimer, G. H. Theodor, **Orthogenesis der Schmetterlinge.** Ein Beweis bestimmt gerichteter Entwicklung und Ohnmacht der natürlichen Zuchtwahl bei der Artbildung. Zugleich eine Erwiderung an August Weismann. Unter Mitwirkung von C. Fickert. Mit 2 Tafeln und 235 Abbildungen im Text. gr. 8. 1897. (Die Entstehung der Arten. II. Teil.) ℳ 18.—; in Halbfranz geb. ℳ 20.50.

ÜBER DIE
ZÜCHTENDE WIRKUNG FUNKTIONELLER REIZE

REKTORATSREDE

GEHALTEN IN DER AULA
DER K. K. DEUTSCHEN KARL-FERDINANDS-
UNIVERSITÄT IN PRAG AM 18. NOVEMBER 1903

VON

PROF. DR. CARL RABL

LEIPZIG
VERLAG VON WILHELM ENGELMANN
1904

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, werden vorbehalten.

Hochansehnliche Versammlung!

Der Kampf um die Descendenztheorie, der in den ersten Jahrzehnten nach dem Auftreten Darwin's mit grosser Heftigkeit, ja man kann sagen, mit Leidenschaftlichkeit geführt wurde, ist heute fast völlig verstummt. Nur ab und zu tritt noch ein Forscher in die Schranken, um, gestützt auf die Unvollständigkeit und Lückenhaftigkeit unseres Wissens, den Versuch einer Widerlegung zu wagen. Die Mehrzahl der Biologen hat sich längst daran gewöhnt, in der Descendenztheorie eine der bestfundirten Theorien zu erblicken, über welche wir heute verfügen; sie hat gelernt, sich ihrer als eines der verlässlichsten Rüstzeuge bei ihren Forschungen zu bedienen; sie hat erkannt, dass sie der einfachste und natürlichste Ausdruck für die ungeheure Menge von Thatsachen ist, mit denen uns Entwicklungsgeschichte, vergleichende Anatomie und Palaeontologie bekannt gemacht haben.[1])

So gut begründet aber auch heute die Theorie gelten kann, so sind doch die Meinungen darüber geteilt, ob das Erklärungsprincip, dessen sich Darwin bediente, um die Entstehung der Arten unserem Verständnisse zugänglich zu machen, thatsächlich die Bedeutung besitze, die Darwin und seine Anhänger ihm beigemessen haben.

130315

Bekanntlich ging Darwin bei seinen Betrachtungen von den Erfahrungen der Landwirte und Gärtner aus. Wenn ein Landwirt eine bestimmte Tierrasse züchten will, so wählt er unter seinen Tieren diejenigen zur Zucht aus, welche die gewünschten Eigenschaften am reinsten und auffallendsten zur Schau tragen. Indem er dieses Verfahren durch eine Reihe von Generationen wiederholt, gelingt es ihm, nach längerer oder kürzerer Zeit eine neue Rasse, eine Rasse mit den gewünschten Eigenschaften, zu erhalten. Ganz ähnlich verfährt auch der Gärtner, wenn er z. B. Blumen von bestimmter Farbe züchten will. Er wählt in mehreren aufeinanderfolgenden Generationen die Samen solcher Pflanzen zur Aussaat, welche die gewünschte Farbe der Blüten am deutlichsten zeigen. Diesen Prozess hat Darwin als künstliche Zuchtwahl bezeichnet und er war nun bemüht zu zeigen, dass in der Natur ein ganz ähnlicher Prozess Platz greife und dass dieser Prozess zur Entstehung neuer Tier- und Pflanzenarten führe. Wesentlich die gleiche Rolle, welche bei der künstlichen Zuchtwahl der bewusste Wille des Menschen spielt, komme in der Natur dem Kampf ums Dasein oder »der Mitbewerbung um die notwendigen Existenzbedürfnisse« (Haeckel) zu.[2]) Zu dieser Auffassung gelangte Darwin durch das Studium der Bevölkerungstheorie von Malthus, wie denn die Lehre vom Kampf ums Dasein nach seinen eigenen Worten nur »eine Anwendung der Lehre von Malthus auf das ganze Tier- und Pflanzenreich« ist.[3]) Malthus glaubte gefunden zu haben, dass der Mensch sich im Ganzen und Grossen in geometrischer Progression vermehre, während die Menge der Nahrungsmittel nur in arithmetrischer Progression zunehme. Ein

ähnliches Missverhältnis zwischen der Vermehrung der Individuen einer Art und der Menge der Nahrungsmittel besteht zweifellos auch bei den Tieren und Pflanzen. Man hat Grund zu der Annahme, dass unter sonst gleich bleibenden Lebensbedingungen auch die Zahl der Individuen einer Art, welche ein bestimmtes Gebiet bewohnt, ungefähr die gleiche bleibt. Weitaus die Mehrzahl der erzeugten Individuen geht zu Grunde, noch bevor sie zur vollen Entwicklung gekommen und fortpflanzungsfähig geworden sind. Weismann [4]) hat die Zahl der Individuen einer, ein bestimmtes Gebiet bewohnenden Art als deren Normalziffer bezeichnet, die Zahl der Individuen dagegen, welche im Kampf ums Dasein zu Grunde gehen, als deren Vernichtungsziffer. Die Grösse dieser Vernichtungsziffer gibt uns eine ungefähre Vorstellung von der Schwere des Kampfes, welchen eine Art um ihre Existenz führt. Um nur ein paar Beispiele anzuführen, möge erwähnt sein, dass der Stör jährlich etwa zwei Millionen Eier legt, dass er ungefähr fünfzig Jahre fortpflanzungsfähig bleibt und dass er also während seines Lebens ungefähr hundert Millionen Eier hervorbringt. Von dieser grossen Zahl gelangen aber im Durchschnitt nur zwei zur vollen Entwicklung, nur zwei sind nötig, um den Bestand der Art zu erhalten, alle übrigen fallen der Vernichtung anheim. Noch grösser ist die Vernichtungsziffer bei manchen Eingeweidewürmern, vor Allem bei den Bandwürmern. Aber auch bei solchen Tieren, welche sich nur langsam vermehren, ist die Vernichtungsziffer eine sehr hohe. Der Elefant gilt von allen Tieren als das, welches sich am langsamsten vermehrt. Nun hat Darwin berechnet, dass, wenn seine Fortpflan-

zung mit dem dreissigsten Jahre beginnt und bis zum neunzigsten dauert, und wenn er in dieser Zeit nur drei Paar Junge hervorbringt, nach Ablauf von 740 bis 750 Jahren neunzehn Millionen Elefanten als Nachkommen des ersten Paares am Leben sein würden.

Nun ist es eine bekannte Tatsache, dass die Individuen einer und derselben Art nie einander völlig gleich sind, dass sie vielmehr stets grössere oder geringere Verschiedenheiten in ihrem Bau aufweisen. Gleichen doch selbst die Nachkommen eines und desselben Elternpaares einander nie völlig. Jede Art zeigt also einen grösseren oder geringeren Grad von Variabilität. In dieser Variabilität nun haben wir die Grundbedingung jedweden Fortschrittes in der organischen Natur zu erblicken.[5]) Es lag nun der Schluss nahe, dass in dem Kampfe, welchen die Individuen einer Art infolge ihrer raschen Vermehrung um ihre Existenz zu führen haben, durchschnittlich diejenigen am Leben bleiben und also zur Fortpflanzung gelangen, welche die Besten, die Tüchtigsten, sind. Indem sich aber dieser Kampf von Generation zu Generation wiederholt und indem von jeder Generation durchschnittlich die Tüchtigsten erhalten bleiben, muss sich die betreffende Art allmählich immer mehr vervollkommnen, verbessern. Aus einer weniger widerstandsfähigen, weniger den gegebenen Verhältnissen angepassten Art musste eine widerstandsfähigere oder, wie man gewöhnlich sagt, eine zweckmässiger gebaute hervorgehen. So spielt also nach Darwin in der Natur der Kampf ums Dasein eine ähnlich auslesende oder züchtende Rolle, wie bei der künstlichen Zuchtwahl der Wille des Menschen. Dieses Prinzip des Überlebens des Passendsten im Kampfe ums Dasein

nun hat Darwin als natürliche Zuchtwahl bezeichnet und er glaubte in ihm das wichtigste, ja geradezu das ausschlaggebende Erklärungsprinzip für die Entstehung der Arten gefunden zu haben.

Jahre vergingen, ehe man es wagte, Zweifel an der Bedeutung der natürlichen Zuchtwahl aufkommen zu lassen.[6]) Voll Verehrung und Dankbarkeit blickte man auf Darwin, der uns gelehrt hatte, das bis dahin Unfassbare zu fassen, das Unbegreifliche zu begreifen. Aber in der Wissenschaft gibt es keinen Stillstand. Allmählich wurden Zweifel laut an der fundamentalen Bedeutung der Selectionstheorie und es wurde die Frage aufgeworfen, ob nicht auch auf andere Weise, ganz unabhängig von natürlicher Zuchtwahl, neue Struktureigentümlichkeiten, neue Organisationen und damit neue Arten entstehen könnten.

Zuerst wies Roux in seiner berühmten Arbeit über den »Kampf der Teile im Organismus«[7]) darauf hin, dass zahlreiche Eigentümlichkeiten des gröberen, wie des feineren Baues der Knochen, des Bindegewebes, der Muskeln und zahlreicher anderer Organe des Körpers unmöglich auf Grund einer Auslese formaler Einzelvariationen, also unmöglich auf Grund der natürlichen Zuchtwahl, entstanden sein können. Er zeigte, dass derartige Struktureigentümlichkeiten einzig und allein als Erscheinungen funktioneller Anpassung verstanden werden können und dass die funktionelle Anpassung selbst gewissermassen als eine Antwort des Organismus und seiner Teile auf bestimmte funktionelle Reize, Reize, welche durch die Ausübung der Funktion auf die Teile ausgeübt werden, anzusehen sei.

Ganz ähnliche Ideen hat dreizehn Jahre später Herbert Spencer in seiner tief durchdachten Abhandlung

über die »Unzulänglichkeit der natürlichen Zuchtwahl« ausgesprochen.[8]) An der Hand zahlreicher Beispiele suchte er zu zeigen, dass das von Darwin und Wallace aufgestellte Prinzip nicht ausreicht, um alle Erscheinungen der organischen Natur befriedigend zu erklären.

Während so auf der einen Seite die Bedeutung des Darwin'schen Erklärungsprinzipes in Frage gestellt wurde, traten andere Forscher mit grosser Wärme und Lebhaftigkeit für dieselbe ein. Namentlich war es Weismann,[9]) der gegenüber den Ausführungen Herbert Spencer's den Nachweis zu erbringen suchte, dass »die natürliche Zuchtwahl nicht blos einer oder der hauptsächlichste, sondern der einzige formbildende und damit Arten schaffende Faktor in der organischen Natur« (F. v. Wagner) sei.[10]) Der »Unzulänglichkeit der natürlichen Zuchtwahl« stellte er die »Allmacht der Naturzüchtung« gegenüber.[11])

Noch schwieriger wurde die Frage, als Hugo de Vries, der bekannte Botaniker von Amsterdam, auf Grund seiner Züchtungsversuche die Selektionsteorie überhaupt verwarf, und an ihre Stelle die Mutationstheorie setzte.[12]) Hugo de Vries ist der Ansicht, dass durch den Kampf ums Dasein und die natürliche Auslese Arten nicht entstehen, sondern vergehen. Nach ihm entstehen neue Arten nicht durch Häufung kleiner, individueller Variationen, sondern plötzlich, unvermittelt, so zu sagen stossweise. Die individuellen oder fluktuierenden Variationen haben für die Entstehung der Arten keinen Wert, der Züchter kann zwar durch absichtliche, sorgfältige Häufung derselben neue Rassen erziehen, aber diese überschreiten das Bild der Art nicht. Dagegen treten

zuweilen sowohl in der Natur, als in der Kultur Abänderungen auf, welche schon bei ihrem ersten Erscheinen das Artbild so weit verändern, dass von dem Auftreten einer neuen Art gesprochen werden kann. Solche Abänderungen nennt de Vries Mutationen. Sie treten periodisch auf, sind völlig richtungslos und zeigen von allem Anfang an die Tendenz, sich rein zu vererben. Es ist klar, dass, wenn diese Theorie das Richtige träfe, die phylogenetische Entwicklung des Pflanzen- und Tierreiches in viel rascherem Tempo verlaufen sein könnte, als es bei allmählicher und kontinuierlicher Häufung kleiner individueller Variationen auf Grund der natürlichen Zuchtwahl sein müsste. Auch manche Erfahrungen der Palaeontologen, welche auf einen rascheren Verlauf der phylogenetischen Entwicklung hinweisen, würden dann unserem Verständnisse viel näher gerückt werden.[13])

So gehen also heute die Ansichten über die Mittel und Wege, die zur Entstehung neuer Arten geführt haben, noch sehr weit auseinander.

Wie überall, kommt es auch hier in erster Linie auf eine klare, präcise Fragestellung an. Die Grundfrage, von deren Beantwortung die ganze weitere Fragestellung abhängt, lautet: Wie kommen Variationen zu Stande? Sind die Arten entstanden auf Grund richtungsloser, individueller, sogenannter fluktuierender Variationen, wie sie der Züchter benützt, um neue Rassen zu bilden, oder halten die Variationen, mit denen die Artenbildung beginnt und von denen sie ausgeht, gleich von ihrem ersten Auftreten an eine bestimmte Richtung ein? Und, wenn Letzteres der Fall sein sollte: Welche Faktoren bestimmen die Richtung der Variationen? In weiterer Folge kommt

dann die viel umstrittene Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften in Betracht. Es ist ja klar, dass, wenn es überhaupt eine Fortbildung der Arten, eine phylogenetische Entwicklung gibt und gegeben hat, es auch eine erbliche Übertragung der Variationen geben muss. Hier stossen wir aber sofort wieder auf eine ungemein wichtige Frage. Werden nur solche Variationen übertragen, welche das Keimplasma betreffen oder auch solche, welche zu irgend einer Zeit der individuellen Existenz eines Organismus, sei es während seiner Entwicklung oder nach vollendeter Ausbildung, von seinen einzelnen Organen erworben worden sind? Und wenn Letzteres der Fall sein sollte: Wie äussert sich eine solche Übertragung, wie kommt sie zu Stande, worauf beruht sie?

Um diesen Fragen beizukommen, soll zunächst aus dem unendlich reichen Tatsachenmaterial eine Gruppe von Erscheinungen herausgegriffen und sodann der Versuch gemacht werden, an ihr die innigen Wechselbeziehungen zwischen Form und Funktion, sowie zwischen Funktion und Entwicklung zu erläutern.

Vor Allem ist zu betonen, dass eine funktionelle Abänderung nur selten ein Organ des Körpers allein ergreift, dass vielmehr in den meisten Fällen die Abänderung eines Organs die Abänderung anderer und zuweilen aller im Gefolge hat. Man hat diese Erscheinung als Koadaptation bezeichnet und es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, dass dieselbe auf jener Wechselbeziehung oder Korrelation beruht, in welcher die einzelnen Organe des Körpers und die die Organe zusammensetzenden Gewebe und Zellen zu einander stehen. Diese Korrelation der Teile bildet eines der interessantesten und

wichtigsten, zugleich aber auch eines der schwierigsten und dunkelsten Kapitel der Biologie. Völlig ratlos stehen wir z. B. der Tatsache gegenüber, dass weisse Katzen mit blauen Augen in der Regel taub sind, dass albinotische Maulwürfe gewöhnlich grösser sind als schwarze, dass Schimmel häufiger an sarkomatösen Geschwülsten erkranken, als Pferde von anderer Farbe u. dgl. m. Ja selbst die allbekannte und jedermann geläufige Tatsache der innigen Wechselbeziehungen zwischen primären und sekundären Geschlechtscharakteren ist unserem Verständnisse noch völlig verschlossen.[14])

Viel besser steht es mit jener Gruppe von Erscheinungen, die man im engeren Sinne als Koadaptation zusammengefasst hat. Wir dürfen, ohne einen Widerspruch befürchten zu müssen, sagen, dass sich die Lebensweise eines Tieres und überhaupt eines jeden Organismus in dem Bau eines jeden seiner Organe widerspiegelt. Welch' herrliche Harmonie begegnet uns z. B. in dem Bau einer Schwalbe oder eines Seglers! Wie ist da alles der Lebensweise des Tieres angepasst! Eine Turmschwalbe ist im Stande, eine Strecke von mehr als 300 Kilometern in der Stunde zurückzulegen, sie nährt sich im Fluge von fliegenden Insekten, die selbst eine ganz ausserordentliche Fluggeschwindigkeit haben; wird doch angegeben, dass manche Fliegen 40 bis 50 Meter in der Sekunde zurückzulegen vermögen. Und dieser Lebensweise, diesem völligen Leben in der Luft, ist jedes Organ, jedes Gewebe, ja, man möchte sagen, jede Zelle des Körpers angepasst. Der spindelförmige Leib, die langen, weit ausgreifenden Flügel, die kurzen, fast verkümmerten Beine, der gablig geteilte Schwanz, alles das

sind Eigentümlichkeiten, die aus der Funktion heraus verständlich sind. Dazu kommen die kräftigen, die Flügel bewegenden Muskeln und, im Zusammenhange damit, das grosse, mit mächtigem Kamm versehene Brustbein, die weiten Lungen mit den davon ausgehenden, zwischen alle Organe des Körpers, ja selbst bis in die Knochen vordringenden Luftsäcken, die das spezifische Gewicht des Tieres vermindern, der tief gespaltene Schnabel und das weite, quergestellte Maul, welche das sichere Erschnappen der raschen Beute ermöglichen, und — nicht in letzter Linie — die vorzüglichen Augen.

So sehen wir im Bau einer Schwalbe eine Harmonie aller ihrer Teile, eine Harmonie, die bis in die letzten Akkorde abgestimmt ist auf die Lebensweise des Tieres. Würde auch nur ein einziges Organ geändert, so würde die ganze Harmonie zerstört und ein Gleichgewicht könnte erst dann wieder eintreten, wenn auch alle anderen Organe eine Änderung erführen.

Und sowie in diesem, geht es in allen anderen Fällen. Jeder Organismus stellt einen Mikrokosmus dar, der aus unendlich zahlreichen kleinen Teilen besteht und in welchem jeder Teil nur in dem Ganzen und durch das Ganze bestehen kann, sowie umgekehrt das Ganze nur durch das Zusammenwirken der Teile besteht. Die Teile stehen unter einander in den innigsten Wechselbeziehungen, in der innigsten Korrelation, sie beeinflussen einander gegenseitig und jede Änderung eines Teiles zieht eine Änderung aller anderen nach sich. Nach dem Gesagten dürfen wir also den letzten Grund, die letzte Ursache der Korrelation der Teile eines Organismus in seiner Lebensweise suchen. Unter der Lebensweise aber ver-

stehen wir die Art der Betätigung und des Zusammenwirkens aller Teile eines Organismus in Absicht auf seine Erhaltung. Sowie nun aber die Gesammtfunktion eines Organismus, wie sie in der Lebensweise zum Ausdrucke kommt, seine Organisation im Ganzen und Grossen beherrscht und bestimmt, so beherrscht und bestimmt auch im Einzelnen jede Funktion eines Teiles dessen Bau und Struktur.

Dieser innige Kausalzusammenhang zwischen Form und Funktion gibt sich nun aber nicht blos im Bau des fertigen, entwickelten Organismus zu erkennen, sondern eben so sehr auch während seiner Entwicklung. Freilich erscheint er hier unter einem ganz eigenartigen Bilde.

Die Entwicklung eines Tieres ist nämlich nur verständlich im Hinblick auf die künftige Funktion seiner Teile. Ändert sich die Funktion eines Organs, erfährt sie eine Weiterbildung in einer bestimmten Richtung, so ändert sich auch seine Entwicklung. Ja, dies kann so weit gehen, dass die ursprüngliche Reihenfolge des Auftretens der Organe geradezu umgekehrt wird. So entwickeln sich z. B. bei den anuren Amphibien, den Fröschen und Kröten, die hinteren Extremitäten, die ausserordentlich viel kräftiger sind, als die vorderen, früher als diese, während bei allen anderen Wirbeltieren, der allgemeinen Regel entsprechend, gemäss welcher bei segmentaler Gliederung des Körpers die Ausbildung der Organe von vorne nach hinten fortschreitet, die vorderen früher entstehen, als die hinteren. So bildet sich bei den Reptilien die vierte Zehe früher, als die übrigen, während bei ihren nächst niederen Verwandten, den urodelen Amphibien, zunächst die ersten zwei Zehen entstehen und

dann der Reihe nach die übrigen folgen. Aus der Lebensweise der Reptilien und dem damit zusammenhängenden Grade der Ausbildung ihrer Zehen geht aber hervor, dass bei ihnen der vierten Zehe eine sehr viel grössere Arbeitsleistung zufällt, als den übrigen, während bei den urodelen Amphibien der Funktionswert aller Zehen noch ungefähr der gleiche ist.[15]) So zeichnen sich ferners bei den Vögeln, welche von allen Tieren das schärfste Sehvermögen besitzen, die Augen schon in den frühesten Stadien der Entwicklung durch eine ganz ausserordentliche Grösse aus, während sie z. B. beim Maulwurf, bei dem sie nie in Funktion treten, gleich von Hause aus als rudimentäre, zellenarme Gebilde angelegt werden.[16]) So lässt sich endlich die ganze Entwicklung des Centralnervensystems nur verstehen im Hinblick auf die ungemein komplicirten und mannigfachen Leistungen, die es später zu erfüllen hat. Wir wissen heute noch nicht, wann beim Embryo Gehirn und Rückenmark zu funktioniren beginnen; soviel aber dürfen wir mit Sicherheit sagen, dass dies beim Menschen nicht vor Eintritt des dritten Monates seiner Embryonalentwicklung geschieht. Nun sind es aber gerade die ersten zwei Monate, in denen das Centralnervensystem einen ungemein wichtigen, formbestimmenden und formgebenden Einfluss auf den Embryo nimmt. Der Grund davon liegt in erster Linie darin, dass die Teilungsfähigkeit seiner Zellen nur eine beschränkte ist. Sie dürfte beim Menschen nicht über den dritten oder vierten Monat seiner Entwicklung hinausreichen. Sowie einmal das Nervensystem zu funktionieren beginnt, hört auch die Teilungsfähigkeit seiner Zellen auf. Es muss also schon sehr früh das ungeheure Zellmaterial

herbeigeschafft werden, das später alle die Leistungen zu besorgen hat, die dem Nervensystem zufallen.

Das Gleiche, wie von der Entwicklung, gilt auch von der Korrelation der Organe des embryonalen Körpers. Auch sie ist nur verständlich im Hinblick auf die künftige Funktion. Ein Organismus von dem Bau eines menschlichen Embryo aus der sechsten Woche würde, selbst wenn alle seine Organe schon funktionsfähig wären, auch nicht einen Augenblick im Stande sein, ein selbsttätiges Leben zu führen. Seine Organe würden sich geradezu bekämpfen, statt sich in ihren Leistungen zu unterstützen.

Wie sind nun diese Tatsachen zu verstehen? Wie ist es möglich, dass die Funktion des entwickelten, fertigen Tieres seine Entwicklung beherrscht und bestimmt? Werden wir da nicht mit zwingender Notwendigkeit zu der Annahme geführt, dass die Ausübung der Funktion von Seiten des entwickelten Tieres und die Anpassung an die Funktion einen Reiz auf dessen Keimzellen ausübt und dass die Keimzellen auf diesen Reiz mit einer bestimmten, demselben adaequaten Veränderung oder Anpassung antworten? So werden wir denn, wie dies die Erörterung jeder descendenztheoretischen Frage notwendig mit sich bringt, auf die schwierige und viel umstrittene Frage nach dem Wesen der Vererbung geführt und des Weiteren auf die Frage, ob und unter welchen Umständen eine Vererbung erworbener Eigenschaften möglich ist.

Es gibt vielleicht keine Frage der allgemeinen Biologie, in der es so schwer ist, sich von Phrasen freizuhalten, wie diese. Vor Allem aber ist daran zu erinnern, dass

die weit verbreitete Meinung, man habe eine Erscheinung oder einen Vorgang »erklärt«, wenn es gelungen ist, ihn als »vererbt« nachzuweisen, auf einer Täuschung, auf einer Verwechslung von Ursache und Wirkung beruht. Jeder Organismus wiederholt während seiner individuellen Entwicklung in regelmässiger Aufeinanderfolge alle Vorgänge, welche seine unmittelbaren Vorfahren ihrerseits während der Entwicklung durchlaufen haben. Diese Wiederholung nennen wir Vererbung. Sie kann durch äussere Einflüsse gestört oder gehemmt, die Entwicklung kann durch sie auf Bahnen gelenkt werden, welche von der ursprünglichen Richtung mehr oder weniger abweichen; ist aber die Störung keine allzu gewaltige, so wird auch unter diesen Umständen die Entwicklung des kindlichen Organismus im Ganzen und Grossen eine Wiederholung der Entwicklung des elterlichen sein. Wenn man also eine Erscheinung als vererbt bezeichnet, so bringt man damit nur eine Tatsache zum Ausdruck, die Tatsache, dass die Erscheinung beim Kinde in der gleichen Weise zur Beobachtung gekommen ist, in der man sie von den Eltern her kannte. Über die Ursache der Erscheinung aber, über die Ursache der beobachteten Wiederholung des Entwicklungsvorganges wird damit nicht das Geringste gesagt.[17])

Dass nun die Keimzellen in der Tat durch Reize, welche den Organismus treffen, in ganz bestimmter Weise verändert werden, daran kann nach den interessanten Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen, welche in den letzten Jahren von Standfuss, Fischer[18]) und Anderen ausgeführt worden sind, nicht mehr gezweifelt werden. Es ist diesen Forschern gelungen, die Farbe,

Zeichnung und den anatomischen Bau gewisser Schmetterlinge dadurch zu verändern, dass sie deren Puppen ungewohnten Temperaturen aussetzten. So ist es ihnen z. B. gelungen, aus den Puppen des gemeinen Distelfalters (Vanessa cardui), je nachdem sie dieselben einer niedrigen oder hohen Temperatur aussetzten, Schmetterlinge zu züchten, wie sie in Lappland oder aber in verschiedenen Tropengegenden fliegen. Was aber für uns von ganz besonderem Interesse ist, es ist ihnen bei ihren Experimenten an Vanessa urticae, dem kleinen Fuchs, und an Arctia Caja, dem braunen Bär, gelungen, aus den Eiern solcher aberrativer, durch die Einwirkung niedriger Temperatur erzielter Falter wieder aberrative Schmetterlinge zu züchten, und zwar auch dann, wenn diese Eier unter normalen Temperaturen zur Entwicklung gebracht und auch die Raupen und Puppen unter normalen Temperaturen gehalten wurden. Es mussten also hier geradeso wie alle anderen Organe und Gewebe des Körpers auch die Keimdrüsen und ihre Zellen in ganz bestimmtem Sinne verändert worden sein und diese Veränderung kam dann in der nächsten Generation in dem Auftreten aberrativer Formen zum Ausdruck. Fischer und Andere nach ihm haben hierin einen experimentellen Beweis für die Vererbung erworbener Eigenschaften erblickt.

Indessen ist wohl zu beachten, dass wir in der Frage nach der Vererbung erworbener Eigenschaften zwei Möglichkeiten aus einander zu halten haben. Erstens kann der auf den Organismus einwirkende Reiz die Keimzellen direkt treffen und sie in einer bestimmten Weise verändern; zweitens können aber auch die Keimzellen von dem Reize zunächst unberührt bleiben, es kann nur ein

einzelnes Organ oder eine Organgruppe verändert werden und diese Veränderung kann dann erst sekundär ihrerseits wieder eine Veränderung der Keimzellen in korrespondirendem Sinne hervorrufen. In beiden Fällen wird die Veränderung der Keimzellen in der Entwicklung der nächstfolgenden Generation zum manifesten Ausdrucke kommen müssen. Im ersten Fall pflegt man von einer Vererbung blastogener, im zweiten von einer Vererbung somatogener Charaktere zu sprechen und Fischer hat, in Übereinstimmung mit Weismann, den von ihm beobachteten Fall als ein Beispiel für die erstere Kategorie betrachtet.

So zweckmässig, ja für manche Fälle geradezu notwendig aber auch eine solche Unterscheidung sein mag, so kann ihr doch eine prinzipielle Bedeutung nicht zuerkannt werden. Schon R. Virchow[19]) hat in seiner Kritik der Weismann'schen Lehren hervorgehoben, dass sich in einem vielzelligen Organismus jede Zelle zu ihren Nachbarn wie ein Stück Aussenwelt verhält und dass eine Veränderung, welche eine Zelle oder Zellgruppe erfährt, auf die Nachbarzellen in ähnlicher Weise verändernd und umbildend einwirken kann, wie eine Veränderung der Aussenwelt, etwa eine Veränderung des umgebenden Mediums. Gewöhnlich spricht man nun aber von einer causa externa, wenn es sich um einen von aussen her, von der Umgebung, auf den Organismus einwirkenden Reiz handelt, von einer causa interna dagegen, wenn der Sitz des Reizes im Organismus selbst gelegen ist. Für eine bestimmte Zelle oder Zellgruppe aber ist es im Grunde genommen ganz gleichgiltig, von wo der Reiz, welcher verändernd und umbildend auf sie einwirkt, ausgeht; für

sie repräsentiert eben jede Zelle des Körpers, mag sie in unmittelbarer Nähe oder in grösserer Entfernung gelegen sein, einen Teil der Aussenwelt. Wenn daher eine Keimzelle das eine Mal direkt von aussen her verändert wird, das andere Mal aber durch die Einwirkung der Zellen der näheren oder entfernteren Umgebung, so schiebt sich im letzteren Fall nur gewissermassen ein neues Glied in die Kette der einwirkenden Reize, ohne dass das eigentliche Wesen des Vorganges ein anderes wird. Demnach kann auch im Prinzip keine scharfe Grenze gezogen werden zwischen der Vererbung solcher Eigenschaften, welche die Keimzellen durch die direkte Einwirkung äusserer Faktoren, durch den Einfluss der gewöhnlich sogenannten Aussenwelt, erwerben und solcher, welche die Folge der Einwirkung irgend eines durch den Gebrauch oder Nichtgebrauch veränderten Organs des Körpers sind.

Das, was den Versuchen von Fischer und Standfuss noch einen ganz besonderen Wert verleiht, ist der Nachweis, dass die von ihnen angewandten Reize die Keimzellen in dem gleichen Sinne verändern, wie den ganzen Körper und seine einzelnen Organe. Die Veränderungen, welche an den Flügel- und Fühleranlagen der sich zum Schmetterling entwickelnden Puppe gesetzt werden, spiegeln sich gewissermassen wieder in den Veränderungen, die durch den gleichen Reiz an den noch ganz unentwickelten Keimzellen der Puppe hervorgerufen werden. Gewiss liegt da die Annahme nahe, dass das Gleiche auch bei der Einwirkung anderer Reize der Fall sein werde, dass namentlich auch funktionelle Reize, wenn sie auch zunächst nur die funktionell beanspruchten Organe zu treffen und zu verändern scheinen, doch auch

gleichsinnige Veränderungen der Keimzellen herbeizuführen vermögen.[20])

Bevor wir nun daran gehen, die Nutzanwendungen aus dem Gesagten zu ziehen, muss noch an eine Tatsache erinnert werden, die zwar auf den ersten Blick in keinem inneren Zusammenhange mit unserem Gegenstande zu stehen scheint, die aber nichtsdestoweniger für unsere Schlussfolgerungen von fundamentaler Bedeutung ist. In seiner bekannten Abhandlung über »die teleologische Mechanik der lebendigen Natur« sagt Pflüger[21]): »Es ist eine Tatsache, dass bei grösserem Verluste in Folge verstärkter Arbeit solche Bedingungen entstehen, denen zufolge immer etwas mehr wieder gewonnen wird, als verloren gieng. Denn der anhaltende stärkere Gebrauch eines Organs lässt dasselbe an Masse und Kraft zunehmen.« Pflüger hat damit der bekannten Tatsache Ausdruck verliehen, dass bei wiederholtem und anhaltendem Gebrauch eines Organs, vorausgesetzt, dass die geforderte Leistung ein gewisses Mass nicht überschreitet, eine Überkompensation des Verbrauches eintritt. Ein Muskel, der oft und anhaltend kontrahiert wird, wird qualitativ und quantitativ gekräftigt; es wird nicht einfach das ersetzt, was durch die Leistung verbraucht wird, sondern es wird mehr Substanz angesetzt und die vorhandene weiter ausgebildet, so dass er nun nicht nur der von ihm geforderten Leistung besser zu entsprechen vermag, als früher, sondern dass er noch ein Plus von Arbeit zu leisten vermag, dessen er früher nicht fähig war. Derselben Erscheinung begegnen wir bei allen anderen Organen. Die Überkompensation ist also eine Folge des funktionellen Reizes.

Und nun rekapitulieren wir: Wir haben gesehen, dass zwischen den Teilen eines Organismus sowohl im fertigen Zustand, als während der Entwicklung die innigste Wechselbeziehung, die innigste Korrelation und Koadaptation besteht; wir haben gesehen, dass die ganze Entwicklung eines Tieres und die Wechselbeziehung der Teile des Embryo nur im Hinblick auf die künftige Funktion verstanden werden können; es hat sich ferners gezeigt, dass bestimmte Reize, welche den Organismus infolge der Lebensbedingungen, denen er ausgesetzt wird, treffen, bestimmte Veränderungen der Keimzellen hervorzurufen vermögen und wir haben endlich erfahren, dass die Organe des Körpers auf wiederholte Einwirkung funktioneller Reize mit einer Überkompensation antworten. Wenn wir alle diese Tatsachen und Erwägungen auf uns einwirken lassen, wenn wir uns namentlich vergegenwärtigen, welch' innigen Beziehungen zwischen Funktion und individueller Entwicklung bestehen, so können wir uns dem Gedanken nicht verschliessen, dass *den funktionellen Reizen nicht blos im Leben des einzelnen Individuums, sondern auch im Leben der Art eine züchtende Wirkung zuerkannt werden müsse*. Dieser Einfluss der funktionellen Reize auf das Leben der Art, auf die unendlich lange Kette von Generationen, die wir unter dieser Bezeichnung zusammenfassen, kann aber unmöglich ein direkter und unmittelbarer, sondern stets nur ein indirekter, durch die Keimzellen vermittelter sein. Eine sichere Darlegung der Art dieses Einflusses wird freilich erst möglich sein, wenn uns die Veränderungen genauer bekannt sein werden, welche die Keimzellen in Folge und im Anschlusse an die funktionellen Anpassungen der einzelnen Organe des Körpers erfahren.[32])

Wenn nun aber die Annahme nicht von der Hand zu weisen ist, dass funktionelle Reize, welche den Organismus treffen, auch die Keimzellen in einer bestimmten Richtung zu afficieren und in ihrer Struktur zu verändern vermögen, so ist klar, dass die Wirkung dieser Reize in der Art der Entwicklung der Organanlagen und Organe zum Ausdrucke kommen muss. Geradeso aber, wie beim fertigen Organismus auf wiederholte und anhaltend wirkende funktionelle Reize die Organe mit einer Überkompensation antworten, so wird sich auch während der Entwicklung die Wirkung der die Keimzellen treffenden Reize in einer Überkompensation äussern müssen. Diese Überkompensation wird, wie bei der funktionellen Anpassung irgend eines Organs des erwachsenen Tieres, eine qualitative und quantitative sein. In qualitativer Hinsicht wird sie in einer gesteigerten Fähigkeit zu höherer Differenzierung der vom Keim produzierten Zellen zum Ausdrucke kommen, in quantitativer in einer lebhafteren Proliferation und infolge dessen in einer grösseren Zellenzahl der betreffenden Organanlage. Die quantitative Überkompensation wird sich also in einer Überproduktion von Zellen kund geben, mit anderen Worten, die Organe werden gleich in grösserem Ausmasse angelegt, als in früheren Generationen. Die Folge dieser qualitativen und quantitativen Überkompensation wird aber sein, dass die in erhöhtem Grade funktionell beanspruchten Organe nach ihrer vollen Ausbildung ihrer Aufgabe besser zu entsprechen vermögen, als dies bei den Vorfahren der Fall war.

Wird also z. B. ein Muskel infolge einer, vielleicht nur geringfügigen Änderung der Lebensweise durch meh-

rere Generationen stärker gebraucht und passt er sich dieser erhöhten Arbeitsforderung an, so wird dies während seiner Entwicklung darin zum Ausdrucke kommen, dass einerseits die Zellen, welche seine Anlage bilden, gewisse Struktureigentümlichkeiten besitzen werden, welche sie zu einer höheren Differenzierung fähig machen, andererseits aber auch darin, dass sie in grösserer Zahl gebildet werden, als auf früheren Zuständen. Oder, um ein etwas schwierigeres Beispiel zu wählen: Wenn das Auge eines Tieres infolge einer Änderung der Lebensweise, etwa infolge einer rascheren Fortbewegung auf dem Lande oder in der Luft, durch eine Reihe von Generationen einer unausgesetzten Übung in einer bestimmten Richtung unterzogen wird, so wird dies während der Entwicklung in einer Überkompensation der Anlage des Auges und, im Zusammenhange damit, auch in einer Überkompensation der Anlage des Mittelhirns zum Ausdrucke kommen. Einerseits werden die Zellen der Anlage der Retina eine weitere Ausbildung erfahren, andererseits wird aber auch ihre Zahl zunehmen und also schon die Anlage des Auges in frühen Stadien grösser erscheinen, als auf früheren phylogenetischen Zuständen. Aber auch die Zahl und Differenzierung der Zellen des Mittelhirns wird eine Steigerung erfahren und in Folge aller dieser Veränderungen wird dann beim entwickelten Tier die Mannigfaltigkeit der Sinneseindrücke erhöht, es werden zwischen den Zellen des Mittelhirns, welche die vom Auge aufgenommenen Reize zunächst zu verarbeiten haben, neue Brücken geschlagen und dadurch neue Associationen ermöglicht werden.

Dass nun in der Tat die Keimzellen auf einen Reiz mit einer Überkompensation der aus ihnen hervorgehenden Organanlagen antworten, kann füglich nicht bezweifelt werden. Freilich sind wir heute noch nicht im Stande, die qualitative Weiterbildung einer Organanlage unter dem Mikroskop mit Sicherheit zu erkennen; dazu reichen unsere Kenntnisse vom feineren Bau embryonaler Zellen noch nicht aus. Wohl aber kennen wir Beispiele, welche eine Überkompensation in quantitativer Beziehung ganz ausser Frage stellen. Schon die Tatsache, dass Hand in Hand mit der funktionellen Weiterbildung eines Organs bei den erwachsenen Tieren auch die Zellenzahl seiner Embryonalanlage wächst, kann in diesem Sinne gedeutet werden. So lehrt ein Vergleich der Augen- und Mittelhirnanlage eines Reptilienembryo mit den gleichen Anlagen eines Vogelembryo diese als viel zellenreichere Gebilde kennen, als jene. Viel unmittelbarer aber geht die quantitative Überkompensation aus der Beobachtung hervor, dass bei der Entwicklung des Centralnervensystems stets mehr Zellen gebildet werden, als später tatsächlich zur Verwendung kommen. Die Proliferation ist hier eine so lebhafte, dass zahlreiche Zellen in der Reihe ihrer Genossen keinen Platz finden, dass sie ausgeschieden werden, in die Höhle des Gehirns und Rückenmarkes fallen und hier zu Grunde gehen. Einer ähnlichen Überproduktion von Zellen begegnen wir auch in der Entwicklung anderer Organe. Wenn der Bau eines Organs im entwickelten Zustand die Proliferation seiner Zellen zwar nicht vollkommen ausschliesst, sie aber doch auf eine enge Zone einschränkt, und wenn zugleich dieses Organ im ausgebildeten Zustand eine sehr grosse Zellenzahl aufweist, so

tritt schon in sehr frühen Stadien eine so lebhafte Zellwucherung ein, dass die Zellen nicht mehr Platz in der Wand des Organs finden, dass sie ausgeschieden werden und zerfallen. Dies ist z. B. bei der Entwicklung der Linse der Säugetiere der Fall.

Während aber in diesen Fällen die Überproduktion ohne Weiteres ersichtlich ist, wird sie in den weitaus häufigeren Fällen, in welchen alle neugebildeten Zellen auch tatsächlich eine Verwendung finden, zunächst nur in einer mehr oder weniger deutlich ausgesprochenen Vergrösserung der betreffenden Organanlagen zum Ausdrucke kommen. Das Plus von Zellen, welches diese Organanlagen gegenüber früheren Zuständen charakterisiert, ist aber der gleichen Differenzierung und Weiterbildung fähig, wie ihre Genossen.

So erblicken wir also in der Überproduktion von Zellen den Ausdruck einer Überkompensation.

Es ist nun im höchsten Grade interessant, dass nicht blos funktionelle Reize im engeren Sinne des Wortes, sondern auch Entwicklungsreize anderer Art eine ähnliche Überkompensation zur Folge haben können. So ist es bekannt, dass bei der Regeneration verloren gegangener Teile stets eine Überkompensation des Verlustes eintritt, dass stets mehr Zellmaterial produziert wird, als tatsächlich zur Deckung des Verlustes benötigt wird. Ferners hat Fischer gezeigt, dass die aus den Eiern gezogenen Nachkommen aberrativer Schmetterlinge nicht selten stärker verändert sind, als die Eltern. Hier handelt es sich allem Anscheine nach sowohl um eine qualitative als quantitative Überkompensation, da nicht blos die Farbe

und Zeichnung der Flügel, sondern auch die Form der Falter, die Umrisse der Flügel, die Fühler und die Behaarung eine Umgestaltung erfahren.

Demnach können Entwicklungsreize der mannigfachsten Art, nicht blos solche, welche durch die Ausübung einer bestimmten Funktion gesetzt und daher speziell als funktionelle bezeichnet werden, sondern auch Reize, wie sie durch eine Verletzung oder durch die Einwirkung bestimmter Temperaturen oder Feuchtigkeitsgrade ausgeübt werden, zu einer Überkompensation führen. Hier beschäftigen uns indessen nur die Reize der ersterwähnten Art, sowie die in der Überproduktion von Zellen zum Ausdrucke kommende Überkompensation, mit welcher der Keim auf solche Reize antwortet.

Mit dieser Überkompensation aber ist der erste Schritt zum Auftreten einer Variation beim entwickelten Tier gegeben. Die Variation liegt in der Richtung der höheren funktionellen Betätigung des Organs, sie ist eine durchaus nützliche und dauerfähige oder, wie man sich gewöhnlich ausdrückt, eine zweckmässige, und doch ist sie ohne jeden gewollten oder beabsichtigten Zweck, ohne zwecktätige Ursache entstanden. Wird das betreffende Organ auch in den folgenden Generationen in der gleichen Weise beansprucht, so antwortet auch der Keim stets wieder in der gleichen Weise und die notwendige Folge wird eine stetig fortschreitende Verbesserung und Vervollkommnung sein.

Bei der innigen Wechselbeziehung aber, welche zwischen allen Organen des Körpers herrscht, wird es wohl nie mit der Vervollkommnung eines einzelnen Organs sein

Bewenden haben, es werden wohl auch andere, vielleicht alle Organe in Mitleidenschaft gezogen werden und so wird es zu einer Vervollkommnung des ganzen Organismus in der Richtung der funktionellen Reize und in Anpassung an dieselben kommen müssen. Diese Vervollkommnung wird nicht die Folge einer Auslese aus einer unendlich grossen Zahl richtungsloser, individueller Variationen sein, einer Auslese, bei welcher der Kampf ums Dasein die Rolle eines Züchters übernimmt, sondern sie wird die Folge bestimmt gerichteter, durch die funktionelle Beanspruchung regulierter Veränderungen, die Folge der züchtenden Wirkung funktioneller Reize sein.

Es ist klar, dass durch eine solche Häufung bestimmt gerichteter Variationen die Bildung neuer Arten viel rascher und sicherer erreicht werden kann, als durch die Tätigkeit der natürlichen Zuchtwahl.

Aber nicht blos die Vervollkommnung, auch die Rückbildung und Verkümmerung eines Organs lässt sich von unserem Standpunkte aus leicht begreifen. Ist die funktionelle Beanspruchung eines Organs beim entwickelten Tier eine geringe oder fällt sie völlig weg, so antwortet der Keim mit einer geringeren Proliferation und einer geringeren Differenzierung. So erklärt es sich, warum rudimentäre Organe, wie das Auge des Maulwurfs, nicht erst beim entwickelten Tier rudimentär werden, sondern schon als rudimentäre, zellenarme Gebilde zur ersten Anlage kommen.

Nun ist es aber bekannt, dass bei Weitem nicht jede, auf funktioneller Anpassung beruhende Veränderung vererbt wird. Eine Schwiele, welche der Vater in Aus-

übung seines Berufes erwirbt, wird nicht auf die Kinder übertragen und dies selbst dann nicht, wenn sich der Beruf durch mehrere Generationen vom Vater auf den Sohn vererbt. Fast alle Forscher, welche an der Vererbung erworbener Eigenschaften festhalten, sind der Meinung, dass diese Eigenschaften wiederholt auf's Neue erworben werden, dass durch viele Generationen die gleichen Verhältnisse einwirken müssen, bis es zu einer erblichen Übertragung kommen könne. Gerade diese Langsamkeit oder Schwerfälligkeit der erblichen Übertragung ist es gewesen, was manche Forscher bestimmt hat, die Vererbung von Gebrauchswirkungen, ja die Vererbung erworbener Eigenschaften überhaupt, in Abrede zu stellen. Auch in dieser Hinsicht sollten uns die Experimente an Schmetterlingen zur Vorsicht mahnen. Wenn es sich auch hier um die Vererbung von Eigenschaften handelt, die anderen Entwicklungsreizen ihre Entstehung verdanken, so zeigen sie doch, dass es auf die Zahl der Generationen, während welcher diese Reize auf den Organismus und auf die Keimzellen einwirken, nicht ankommt, dass es sich vielmehr lediglich darum handelt, ob die Reize intensiv genug sind, um auch die Keimzellen zu treffen und in ihrer Struktur zu verändern. Allerdings scheinen funktionelle Reize im Allgemeinen viel langsamer auf die Keimzellen einzuwirken, es scheint die Reizschwelle viel mühsamer erreicht zu werden, als bei der Einwirkung von Reizen anderer Art; ist aber einmal die Reizschwelle überschritten, so gibt sich dies auch sofort in einer Veränderung der Entwicklung des Keimes zu erkennen. Es ist ganz wohl denkbar, dass die strukturelle Veränderung der Keimzellen unter der Einwirkung funktioneller Reize

das eine Mal rascher, das andere Mal langsamer erfolgt, ja, dass sie zuweilen so rasch eintritt, wie unter der Einwirkung niedriger Temperaturen, und dass dann sogenannte Sprungvarietäten oder Mutationen im Sinne von de Vries[23]) die Folge sein werden.

Wie schon von mehreren Seiten, namentlich von Moritz Wagner[24]) in seiner Migrationstheorie, hervorgehoben wurde, werden zur Entstehung neuer Arten in erster Linie Veränderungen der Lebensbedingungen notwendig gewesen sein, Veränderungnn, wie sie z. B. Wanderungen in entfernte Gegenden, rascher Klimawechsel mit allem, was damit zusammenhängt, u. dgl. m. mit sich brachten.

Welche Bedeutung kommt nun aber dem Kampf ums Dasein zu? Dass er für das Leben der Individuen, wie der Arten nicht belanglos sein kann, daran wird wohl Niemand zweifeln können, der die ungeheueren Differenzen zwischen Normal- und Vernichtungsziffern bedenkt. Wenn es auch nicht direkt nachweisbar ist, dass in der Natur von den zahlreichen Individuen einer Generation in der Tat durchschnittlich die Schlechteren zu Grunde gehen und die Besseren erhalten bleiben, so liegt doch dieser Schluss so nahe, dass man ihn fast als ein Gebot der Logik bezeichnen möchte. Freilich weist andererseits die Existenz zahlreicher sogenannter »Dauerrassen« und »Dauerarten« darauf hin, dass unter Umständen viele Generationen vergehen können, ohne dass irgend eine tiefer greifende Veränderung erreicht wird. Auf alle Fälle — und dies wird auch von allen Anhängern der Selektionstheorie zugegeben — kann die Wirkung des Kampfes ums Dasein nur eine äusserst langsame sein und

es ist gewiss die Frage nicht unberechtigt, ob sie für sich allein genügt hätte, den ungeheueren Reichtum von Arten zu schaffen, die die Erde heute bevölkern und in früheren Perioden bevölkert haben. Vielleicht lässt sich der Anteil, den der Kampf ums Dasein an der Entstehung der Arten genommen hat und noch nimmt, am besten in folgender Weise präzisieren: Der Kampf ums Dasein fördert den Fortschritt, der in der Bildung neuer Arten liegt, indem er die Hemmungen beseitigt, die ihm hinderlich im Wege stehen; er züchtet nicht direkt das Gute, sondern vernichtet das Schlechte.[25]) Direkt dagegen ist die züchtende Wirkung funktioneller Reize. Durch den Kampf ums Dasein wird gewissermassen der Boden geebnet und vorbereitet, auf dem unter der züchtenden Wirkung funktioneller Reize neue Arten entstehen.

Und so ist das Prinzip der züchtenden Wirkung funktioneller Reize ein Prinzip des Fortschrittes, der Vervollkommnung.[26]) In tausend und abertausend Gestalten lehrt uns die Natur, dass sie den Segen des Fortschrittes einzig und allein an die Arbeit geknüpft hat, an die Arbeit im Kampfe; dass dagegen Untätigkeit unaufhaltsam zum Rückschritt und Untergang führt.

Anmerkungen.

1) Gewöhnlich wird unter den Gegnern der Descendenztheorie auch Rudolf Virchow genannt. Es geschieht dies mit Unrecht, wie zahlreiche Stellen seiner Werke beweisen. Ich hebe nur eine Äusserung hervor, die er am 18. Februar 1869 in einem im Berliner Handwerkerverein gehaltenen Vortrag »über Menschen- und Affenschädel« getan hat (erschienen in der Sammlung gemeinverständlicher wissenschaftlicher Vorträge, herausgeg. von Virchow und v. Holtzendorff, IV. Serie, 96. Heft, 1870). Er sagte damals: »Schon vor der Veröffentlichung von Darwin's Buche habe ich mich offen dahin ausgesprochen (Naturforscherversammlung in Karlsruhe 1858), dass ‚es mir wie ein Bedürfniss der Wissenschaft erscheine, auf eine Übergangsfähigkeit von Art in Art zurückzukommen'. Und ich setzte hinzu: ‚Vorläufig ist hier eine grosse Lücke in unserem Wissen. Dürfen wir sie durch Vermuthungen ausfüllen? Gewiss, denn nur durch Vermuthungen werden die Wege der Forschung in unbekannte Gebiete vorgezeichnet.' Und das hat Darwin im schönsten Sinne geleistet.«

Aber auch im persönlichen Verkehr mit Virchow habe ich die Überzeugung gewonnen, dass er kein Gegner der Descendenztheorie war. Ich habe in den letzten 11 Jahren seines Lebens wiederholt mit ihm Gespräche darüber geführt; es ist aber nicht ein einziges Wort von seiner Seite gefallen, welches darauf hätte schliessen lassen, dass er die Berechtigung der Descendenztheorie nicht anerkannt hätte. Einmal, es dürfte vor 6 Jahren gewesen sein, kam er ganz spontan auf seine Stellung zu Haeckel zu sprechen und klagte scherzend darüber, dass ihn dieser unter »die ganz besonderen Missetäter« zu rechnen pflege. In dem Sinne aber, wie Haeckel meine, sei er nie ein Gegner der Descendenz-

theorie gewesen; er habe sich stets nur gegen die dogmatische Behandlung wissenschaftlicher Fragen gewendet, die Berechtigung der Descendenztheorie als solcher aber immer anerkannt. Ebenso entschieden äusserte er sich noch am 1. November 1901, als er mich und meine Familie zum letzten Male in Prag besuchte. Ich zeigte ihm die Tafeln und Korrekturbogen meiner Abhandlung über den Ursprung der Extremitäten, setzte ihm meine Auffassung der viel umstrittenen Frage auseinander und bemerkte im Laufe des Gespräches, dass ich, wie er wisse, ganz auf dem Boden der Descendenztheorie stehe. Hier unterbrach er mich, sah mich gross an und sagte mit scharfer Betonung: »Ich bin kein Gegner der Descendenztheorie.« Er erläuterte dann, wie schon bei früheren, ähnlichen Gelegenheiten, seine Stellungnahme zur Descendenztheorie dahin, dass er sich in seiner Kritik stets nur gegen die Ausschreitungen vieler Anhänger derselben gewendet habe. Er sagte dies in so ernstem, fast feierlichem Tone, dass ich den Eindruck bekam, es liege ihm daran, dass dies auch in weiteren Kreisen bekannt werde, damit endlich der falschen Auslegung, die seine Kritik erfahren hatte, ein Ziel gesetzt werde. Ich hatte mir daher schon damals vorgenommen, seinerzeit davon Mitteilung zu machen.

2) In seiner »Generellen Morphologie der Organismen« (Berlin 1866, Bd. II, S. 231) sagt Haeckel, dass der Kampf ums Dasein vielleicht am passendsten als »Wettkampf um die Lebensbedürfnisse« bezeichnet werden könnte. Später (S. 239) spricht er vom Kampf ums Dasein als der »nothwendigen Mitbewerbung der Organismen um die mehr oder weniger unentbehrlichen Lebensbedürfnisse«. In der »Natürlichen Schöpfungsgeschichte« (2. Aufl. 1870, S. 143 und 8. Aufl. 1889, S. 142) und der »Anthropogenie« (I. Aufl. 1874, S. 76) gebraucht er den Ausdruck »Mitbewerbung um die nothwendigen Existenzbedürfnisse«. — Haeckel's Auffassung des Kampfes ums Dasein ist wiederholt als nicht ganz zutreffend bezeichnet worden, und wohl die meisten Biologen haben an der ursprünglichen, viel weiteren, von Darwin selbst begründeten Auffassung festgehalten. Darwin hat den Ausdruck in einem »weiten und metaphorischen Sinne« gebraucht, »unter dem sowohl die Abhängigkeit der Wesen von einander, als auch, was wichtiger

ist, nicht allein das Leben des Individuums, sondern auch die Sicherung seiner Nachkommenschaft einbegriffen wird« (Darwin, Über die Entstehung der Arten. 4. deutsche Aufl. 1870, S. 76; in späteren Auflagen gleichlautend).

3) Vgl. Darwin, l. c. S. 16 u. 77.

4) Aug. Weismann, Vorträge über Descendenztheorie. Jena 1902, I. Bd. S. 52 u. ff.

5) Vgl. Carl Rabl, Über die Grundbedingung des Fortschrittes in der organischen Natur. Vortrag geh. in d. feierlich. Sitzung d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, am 30. Mai 1900. Ich habe in diesem Vortrage versucht, die Variation als einen cellularen Vorgang, die Variabilität als eine inhärente Eigenschaft der lebenden, organisierten Substanz zu erweisen.

6) Es hat mir natürlich ganz fern gelegen, eine historisch-kritische Darstellung der Descendenz- und Selektionstheorie geben zu wollen. Ich habe mich vielmehr auf einige wenige Daten beschränkt und dabei nur das hervorgehoben, was mir für den gegenwärtigen Stand der Frage von besonderer Wichtigkeit zu sein schien. Wer sich genauer unterrichten will, dem empfehle ich das treffliche, kürzlich in zweiter Auflage erschienene Buch Ludwig Plate's »über die Bedeutung des Darwin'schen Selektionsprincips und Probleme der Artbildung«, Leipzig 1903. Meine Ansichten über die Bedeutung des Kampfes ums Dasein und der natürlichen Zuchtwahl weichen von denen Plate's allerdings wesentlich ab, aber ich muss anerkennen, dass Plate mit ungewöhnlicher Objektivität und Sachkenntnis seiner Aufgabe gerecht geworden ist.

7) Wilhelm Roux, Der Kampf der Theile im Organismus. Leipzig 1881. In den Gesammelten Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen, Leipzig 1895, I. Bd., S. 135—422 unter dem Titel: Der züchtende Kampf der Theile oder die Theilauslese im Organismus. Zugleich eine Theorie der »functionellen Anpassung«.

Ähnlich wie Plate erblicke auch ich den Hauptwert des Roux'schen Werkes nicht in der Lehre vom Kampf der Teile im Organismus, sondern in der Analyse der Wirkungen des Gebrauches und Nichtgebrauches der Organe.

Der Ausdruck »Kampf ums Dasein« ist bekanntlich rasch zu einem geflügelten Wort geworden; man glaubte nicht blos in der belebten, sondern auch in der unbelebten Natur die Wirkungen dieses Kampfes nachweisen zu können, und man hat sogar keinen Anstand genommen, von einem »Kampf ums Dasein am Himmel« zu sprechen. Wenn man aber einmal den Begriff so sehr erweitert, so wird man schliesslich jede Interferenz zweier Wellensysteme, jeden chemischen Vorgang, ja jedes Geschehen überhaupt als einen Kampf bezeichnen müssen. Dann wird man allerdings auch, wie dies von Roux geschieht, von einem Kampf der Teile innerhalb der Zellen, einem Kampf der Molekel, reden dürfen.

Was nun den Kampf der gleichartigen Zellen eines Gewebes oder den Kampf der Zellen verschiedener Gewebe betrifft, so lassen in der Tat gewisse Vorgänge, die sich während der Entwicklung oder während des Lebens eines Organismus abspielen, einen Schluss auf einen solchen zu, wenigstens auf einen Kampf im übertragenen Sinne des Wortes, einen Kampf im Sinne einer Konkurrenz. Darauf weist z. B. die Verdrängung der Chorda der höheren Wirbeltiere durch andere skeletogene Gewebe, die Verdrängung des Knorpels durch Knochen u. dgl. hin. Freilich ist auch hier Vorsicht geboten und es ist manchmal schwer, die Umbildung eines Gewebes in ein andres von dessen Untergang zu unterscheiden. — Das Recht, von einem Kampf der Zellen oder Gewebe zu sprechen, bestreite ich also nicht, wohl aber glaube ich, dass diesem Kampf und der damit zusammenhängenden Cellularselektion (Haeckel) oder Histonalselektion (Weismann) keine so grosse Bedeutung zukommt, wie einige Forscher meinen. Es ist auch nicht recht einzusehen, warum funktionelle Reize für sich allein zur Kräftigung eines Gewebes oder einzelner Zellen nicht genügen, warum hierzu eine Konkurrenz, ein Kampf um die funktionellen Reize nötig sein sollte.

Sehr wertvoll sind dagegen die Ausführungen Roux' über die Wirkungen des Gebrauchs und Nichtgebrauchs der Organe, also der beiden Faktoren, auf deren Bedeutung für die Entstehung der Arten bekanntlich zuerst Lamarck hingewiesen hat. Roux zeigt, dass durch funktionelle Anpassung, worunter er »die An-

passung an die Funktion durch Ausübung derselben« versteht, die Organe quantitativ und qualitativ verändert werden: quantitativ, indem sie in denjenigen Dimensionen vergrössert werden, »welche die Verstärkung der Thätigkeit leisten« (S. 166), qualitativ, indem »durch vermehrte Thätigkeit die specifische Leistungsfähigkeit der Organe erhöht wird« (S. 175). Umgekehrt wird durch längere Zeit verminderte Funktionsgrösse (verminderten Gebrauch oder Nichtgebrauch) »die specifische Leistungsfähigkeit der Organe herabgesetzt« (S. 176). Er weist auf die trophische Wirkung funktioneller Reize hin und zeigt, dass der funktionelle Reiz zur Erhaltung der Organe und Gewebe unerlässlich nötig ist (S. 285 u. ff.); dabei hält er es für durchaus möglich, dass der funktionelle Reiz als solcher schon »eine Assimilation stärkende, also trophische Wirkung hat« (S. 294). Dieser Gedanke kehrt immer wieder, und Roux betont stets aufs neue, dass »dem functionellen Reize eine die Assimilation stärkende Wirkung bis zur Übercompensation des Verbrauchten zukommt, und dass daher mit der Stärke oder Häufigkeit des Reizes auch seine stärkende Wirkung zunehmen müsse, womit ein Princip der zweckmässigsten quantitativen Selbstregulation der Organentwicklung gegeben« sei (S. 350 und an vielen andern Stellen). Mit vollem Recht bemerkt Roux ferner, dass »das Princip der correlativen Variabilität in seinen direct das Zweckmässige schaffenden Wirkungen dem Princip der functionellen Anpassung zu unterstellen« sei (S. 372).

Wenn ich Roux als ersten unter denen genannt habe, welche auf Grund wissenschaftlich unanfechtbarer Erwägungen die Allgemeingültigkeit des Selektionsprinzipes bekämpften, so bedarf dies vielleicht einer Rechtfertigung. Roux wendet sich nämlich nur gegen die Auffassung, dass der Kampf ums Dasein unter den Individuen (Personen nach der Individualitätslehre Haeckel's) für sich allein die zweckmässigen Einrichtungen, welchen wir z. B. im Bau des Knochen-, Binde- und Muskelgewebes begegnen, hätte hervorrufen können, er meint vielmehr, dass es hierzu des fortwährenden Zusammenwirkens des Kampfes der Individuen mit dem Kampfe der Teile bedurft habe (S. 382). Da ich aber nach dem oben Gesagten einen Kampf der Teile in dem Umfange, wie

ihn Roux annimmt, nicht anerkennen kann, so fällt die Einschränkung, die er seinen Einwänden gibt, für mich hinweg und ich glaube, seine Beweise gegen die Selektion der Individuen als Beweise gegen die Selektion überhaupt auffassen zu dürfen. In diesem Sinne fasse ich namentlich folgende Sätze auf: »Alle diese (von Roux beschriebenen) Bildungen im Knochen-, Binde- und Muskelgewebe hätte die Auslese aus formalen Einzelvariationen nach Darwin nie in solcher Regelmässigkeit und Vollkommenheit hervorbringen können, da hier schon Tausende zufällig in dieser Weise zweckmässig geordneter Fasern resp. Bälkchen nöthig gewesen wären, um nur den geringsten im Haushalte bemerkbaren und durch die Auslese züchtbaren Vortheil durch Materialersparniss hervorzubringen und da bei Hungersnoth gerade diese Theile (abgesehen vom Herzen) in Folge ihres geringen Stoffwechsels am spätesten leiden würden, viel später, als die anderen lebenswichtigeren Organe mit grösserem Stoffwechsel.

Alle diese Bildungen können deshalb nicht durch Auslese aus formalen Einzelvariationen, wie sie die Grundlage der Darwin'schen Lehre bilden, hervorgehen, sondern blos von ‚gestaltenden Reactionsqualitäten' der betreffenden Gewebe abgeleitet werden, welche das Zweckmässige bis ins Einzelnste hinein direct gestalten« (S. 184—185).

8) Herbert Spencer, The inadequacy of »natural selection«. Contemporary Review, Febr. und März 1893. Deutsch unter dem Titel: Die Unzulänglichkeit der »natürlichen Zuchtwahl«. Biol. Centralbl., XIII. Bd., 1893. — Ferner: Professor Weismann's Theories. Contemp. Rev., Mai 1893. Deutsch im Biol. Centralbl., XIV. Bd., 1894. — Beide Abhandlungen sind im englischen Separatabdruck vereinigt; die zweite bildet ein »Postscript« zur ersten. — Als Antwort auf Weismann's Entgegnung liess H. Spencer erscheinen: A Rejoinder to Professor Weismann. Contemp. Rev., Dez. 1893.

9) Aug. Weismann, Die Allmacht der Naturzüchtung. Eine Erwiderung an Herbert Spencer. Jena 1893.

10) Das Zitat ist dem ausführlichen Referat der Weismannschen Abhandlung von F. v. Wagner im Biol. Centralbl., XIV. Bd., 1894 entnommen. In der Originalabhandlung findet sich keine so konzise Zusammenfassung; diese bringt aber die Ansichten Weismann's sehr gut zum Ausdruck.

11) Auf einem ähnlich, wiewohl nicht ganz so extremen Standpunkt, wie Weismann, hat unter den Anhängern Darwin's wohl nur noch A. R. Wallace, der Mitbegründer der Selektionstheorie, gestanden. Vgl. A. R. Wallace, Darwinism, an exposition of the theory of natural selection, with some of its applications. London 1889. Deutsch von D. Brauns, Braunschweig 1891. Ausserdem aus früherer Zeit: Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Deutsch von A. B. Meyer. Erlangen 1870. Wallace sagt: »Whatever other causes have been at work, Natural Selection is supreme, to an extent which even Darwin himself hesitated to claim for it« (S. 444). — Darwin selbst hat neben der natürlichen Zuchtwahl stets auch andere Ursachen ins Auge gefasst und er hat dabei vor allem dem Gebrauch und Nichtgebrauch eine wichtige Rolle eingeräumt. Wie namentlich aus seinem Briefwechsel hervorgeht, hat er diesen andern Ursachen, je älter er wurde, eine um so grössere Bedeutung zuerkannt. — Selbst Haeckel steht nicht auf dem extremen Standpunkte Weismann's und lässt die Möglichkeit der Entstehung zweckmässiger Strukturen ohne Tätigkeit der natürlichen Zuchtwahl gelten. Wenigstens sagt er gelegentlich der Besprechung der zitierten Arbeit Roux': »Zugleich zeigt sich aber auch, wie die neuen zweckmässigen Einrichtungen durch Vererbung direct übertragen werden können, ohne dass dabei nothwendig Züchtung oder Selection stattfinden muss« (Nat. Schöpfungsgesch. 8. Aufl., 1889, S. 228).

12) Hugo de Vries, Die Mutationstheorie. Versuche und Beobachtungen über die Entstehung der Arten im Pflanzenreich. I. Bd. Die Entstehung der Arten durch Mutation. Leipzig 1901. — Ähnliche Gedanken, wie de Vries, hat im Jahre 1899 Korschinsky ausgesprochen (Heterogenesis und Evolution. Die russisch geschriebene, ausführliche Arbeit ist in den Mém. Acad. St. Pétersbourg, phys.-math. Cl. 1900 erschienen. Ich kenne die

Ansichten K.'s nur aus de Vries und Plate). Auch Korschinsky ist ein Gegner der Selektionstheorie und nimmt eine Entstehung der Arten auf Grund »heterogener Variationen« an.

13) Über andre Gegner der Selektionstheorie vgl. Plate l. c.

14) In neuerer Zeit hat A. Rörig die Beziehungen zwischen den Reproduktionsorganen der Cerviden und der Geweihbildung genau untersucht und die Ergebnisse einer grossen Zahl von Beobachtungen mitgeteilt, welche geeignet sind, zur Lösung dieser Frage beizutragen (Arch. f. Entwicklungsmech., VIII. Bd., 1899). In Anbetracht dieser und auch andrer Untersuchungen scheint mir die ablehnende Haltung, welche neuerdings der bekannte Gynäkologe A. Hegar einnimmt, nicht ganz gerechtfertigt. (Alfred Hegar, Correlationen der Keimdrüsen und Geschlechtsbestimmung. Freiburg i. B. 1903.)

15) Vgl. C. Rabl, Über einige Probleme der Morphologie. Verhandl. d. anatom. Gesellsch. auf d. 17. Versamml. in Heidelberg 1903.

16) C. Rabl, Über den Bau und die Entwicklung der Linse. Leipzig 1900.

17) So sehr ich auch in meinen Ansichten über die Ursachen der Entwicklung, die Bedeutung der Descendenztheorie usw. von Driesch und Herbst abweiche, so stimme ich nach dem Gesagten doch mit diesen Forschern in der Überzeugung überein, dass mit der Annahme oder dem Nachweis einer »Vererbung« eine Erscheinung durchaus nicht »erklärt« sei (vgl. Driesch, Von der Methode der Morphologie. Kritische Erörterungen. Biolog. Centralbl., XIX. Bd., 1899, und C. Herbst, Formative Reize in der thierischen Ontogenese. Leipzig 1901).

Über das Wesen der Vererbung sind in den letzten Jahrzehnten zahlreiche Hypothesen aufgestellt worden. Ich erinnere nur an die »provisorische Hypothese der Pangenesis« Darwin's, an die Theorie der »Perigenesis der Plastidule« Haeckel's, an die »Idioplasmatheorie« Nägeli's, an die »Keimplasmatheorie« Weismann's, an die Lehre vom »Stirp« Galton's und an die Hypothese der »intracellularen Pangenesis« de Vries'. Wiesner hat die Träger der erblichen Anlagen »Plasome« genannt, und

H. Spencer hat dafür den Ausdruck »physiological units« gebraucht.

Soviel Scharfsinn aber auch auf diese Hypothesen verwendet worden ist, so hat doch keine von ihnen vollkommen befriedigt. Es kommt dies schon darin zum Ausdruck, dass jedesmal bald nach dem Bekanntwerden einer Hypothese eine andere, neue, aufgestellt wurde. Als man die Erscheinungen der Befruchtung genauer studiert und die wichtige Rolle erkannt hatte, welche dabei die Kernsubstanzen der Keimzellen spielen, glaubte man der Lösung des Problems um ein gutes Stück näher gekommen zu sein. O. Hertwig, v. Kölliker und Weismann bezeichneten die Kernsubstanzen der Keimzellen geradezu als Vererbungssubstanzen und brachten damit die Ansicht zum Ausdruck, dass sie die materielle Grundlage der Vererbungsvorgänge bilden. So richtig diese Ansicht sein mag, so ist doch zu bedenken, dass die Kernsubstanzen stets an ganz bestimmt geformte Gebilde der Zellen, die Chromosomen, gebunden sind, und dass die Zahl dieser Chromosomen für jede Organismenart eine bestimmte ist. Auch ist es von tief einschneidender Bedeutung, dass, wie aus meinen und Boveri's Untersuchungen über Zellteilung geschlossen werden muss, die Individualität der Chromosomen durch alle Generationen von Zellen, welche während des Lebens eines Individuums aufeinander folgen, erhalten bleibt, und dass also niemals eine Vermengung der Substanzen der verschiedenen Chromosomen eintritt. Derartige Erwägungen führen, wie mir scheint, mit Notwendigkeit zu dem Schlusse, dass, so wichtig auch die chemische Seite der Frage sein mag, die Vererbung doch unmöglich als ein lediglich oder auch nur vorwiegend chemisches Problem aufgefasst werden darf.

Ich kann daher auch Ostwald nicht zustimmen, wenn er sagt: »Wenn man beobachtet, mit welcher Genauigkeit bei aller Vermehrung der Zellen die Theilung des Kernes durchgeführt wird, so wird man in den Stoffen, die den Zellkern bilden, die bestimmenden Ursachen für die jeweilige Entwicklung des Keimes zu einem bestimmten, den Eltern ähnlichen Lebewesen zu erblicken geneigt sein, und man wird daher die Thatsache der Erblichkeit am ehesten als eine chemische Eigenthümlichkeit deuten können«

(Vorlesungen über Naturphilosophie. Leipzig 1902, S. 369). In ähnlichem Sinne, wie Ostwald, hat sich auch J. Loeb ausgesprochen.

So wenig wir auch noch über die Chemie der Zelle wissen, so dürfen wir doch sagen, dass gewisse chemische Verbindungen stets an gewisse morphologische Strukturen geknüpft sind, und dass ihre gegenseitige Durchdringung zum Leben der Zelle unerlässlich notwendig ist. Sicherlich spielen chemische Vorgänge, namentlich Assimilationsvorgänge, die sich in kontinuierlicher Kette auseinander hervorbilden, und deren chemisches Substrat in erster Linie die Kernsubstanzen sind, bei der Vererbung und Entwicklung eine wichtige Rolle; für sich allein aber werden sie gewiss nicht imstande sein, die Wiederholung der Vorgänge, als welche sich die Vererbung darstellt, zu verursachen. Wir können uns ganz wohl vorstellen, dass es einmal gelingen werde, die Kernsubstanzen der Keimzellen in chemisch reinem Zustande darzustellen, ja wir können uns sogar vorstellen, dass es möglich sein werde, diese chemisch reinen Substanzen auf einen günstigen Nährboden zu übertragen und mit ihnen zu experimentieren, wie mit irgendwelchen andern chemischen Stoffen, aber es ist ganz unmöglich sich vorzustellen, dass dadurch irgend etwas, was einer Entwicklung ähnlich sähe, eingeleitet werden könnte. Damit die chemischen Stoffe ihre, das Leben der Zelle charakterisierenden Wirkungen entfalten können, ist es eben notwendig, dass sie an bestimmte morphologische Strukturen gebunden sind. (Über »Assimilation und Vererbung« vgl. Fr. Hamburger, Arteigenheit und Assimilation. Wien 1903.)

Vielleicht wird der Anteil, welchen chemische und welchen morphologische Prozesse an der Entwicklung nehmen, am besten an einem konkreten Beispiele ersichtlich sein. Nehmen wir an, ein Kind besässe mitten unter dunkeln Haaren eine blonde Locke, und eines seiner Eltern zeichne sich durch dieselbe Eigentümlichkeit aus; wir würden dann sagen, das Kind habe die blonde Locke von seinem Vater oder seiner Mutter geerbt. In einem solchen Fall werden wir mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuten dürfen, dass es eine bestimmte Art von chemischen Vorgängen, vielleicht

eine bestimmte Nuancierung der Assimilation innerhalb der Bildungszellen der Haare, war, was zur Entwicklung des Pigmentes von der gegebenen Farbe geführt hat; die Vererbung würde also in diesem Fall auf der Wiederholung bestimmter chemischer Vorgänge beruhen. Nehmen wir aber weiter an, es würde sich die blonde Locke beim Kinde genau an der gleichen Stelle des Kopfes finden, wie beim Vater oder der Mutter, oder es würde sich statt um Haare von bestimmter Farbe um Haare von bestimmter Form, etwa von einer eigentümlichen Form des Querschnittes handeln, so würden wir mit unsrer Erklärung auf Grund der Annahme einer Wiederholung chemischer Vorgänge nicht mehr ausreichen, wir würden vielmehr annehmen müssen, dass Vorgänge morphologischer Art oder Vorgänge auf morphologischer Basis bestimmend auf die Entwicklung eingewirkt haben.

So werden also in der Entwicklung eines Organismus das eine Mal mehr die chemischen, das andre Mal die morphologischen Vorgänge in den Vordergrund treten, im ganzen und grossen aber wird sich die Entwicklung als eine innige Durchdringung beider darstellen. Das Problem der Vererbung wird daher weder ausschliesslich von chemischer, noch ausschliesslich von morphologischer Seite gelöst werden können.

Ich erinnere noch an ein Wort Brücke's; in seiner berühmten Abhandlung über die Elementarorganismen sagt er: »Wir müssen den lebenden Zellen, abgesehen von der Molecularstructur der organischen Verbindungen, welche sie enthalten, noch eine andere und in anderer Weise complicirte Structur zuschreiben, und diese ist es, welche wir mit dem Namen Organisation bezeichnen« (Die Elementarorganismen. Sitzb. d. Kais. Ak. d. Wiss. Math.-nat. Cl., 44. Bd., 2. Abth., S. 386). Diese Worte gelten, der Hauptsache nach, heute noch ebenso, wie vor 40 Jahren; nur dürfte es sich empfehlen, statt des von Brücke gebrauchten Ausdruckes Organisation die Bezeichnung morphologische Struktur zu setzen und den Ausdruck Organisation für die innige Verbindung oder Durchdringung dieser morphologischen Struktur mit den für die Zelle charakteristischen chemischen Stoffen zu reservieren.

Was nun aber für die Zelle im allgemeinen gilt, gilt auch für

die Keimzellen und bei deren Entwicklung zu neuen, zusammengesetzten Organismen werden nicht blos die chemischen Stoffe, sondern auch die morphologische Struktur in Betracht zu ziehen sein.

18) Ich erwähne nur folgende Arbeiten: E. Fischer, Experimentelle kritische Untersuchungen über das procentuale Auftreten der durch tiefe Kälte erzeugten Vanessen-Aberrationen. Societas entomologica 1899, XIII und 1901, XVI. Ders., Experimentelle Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Allg. Zeitschr. f. Entomologie, 6. Bd., 1901. Ders., Weitere Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Ebda. 7. Bd., 1902. Ders., Natürliche und künstliche Umformung der Lebewesen. Referat über den am 25. Febr. 1902 in der naturw. Gesellsch. St. Gallen gehaltenen Vortrag. — Ausserdem verweise ich auf die interessante Besprechung und Kritik dieser Arbeiten von R. F. Fuchs, E. Fischer's (Zürich) experimentelle Untersuchungen über die Vererbung erworbener Eigenschaften. Arch. f. Entwicklungsmechanik, XVI. Bd., 4. Heft, 1903.

19) Rudolf Virchow, Descendenz und Pathologie. Virchow's Archiv, Bd. CIII, Heft 1. Ähnliche Gedanken hat mehrere Jahre später O. Hertwig ausgesprochen; vgl. dessen: Die Zelle und die Gewebe. Grundzüge der allgemeinen Anatomie und Physiologie. Jena 1893.

20) Im Jahre 1879 habe ich eine Arbeit über die Entwicklung der Tellerschnecke veröffentlicht (Morph. Jahrb., 5. Bd.) und auf Grund der dort mitgeteilten Beobachtungen die Ansicht ausgesprochen, dass »schon in der ungefurchten Eizelle eine ganz bestimmte und gesetzmässige Anordnung und Vertheilung der Protoplasma-Partikelchen und -Molekule anzunehmen« sei. Es war mir damals gelungen, die Furchung bis zur völligen Sonderung der Elemente der drei Keimblätter Zelle für Zelle zu verfolgen. Später sind derartige Beobachtungen an zahlreichen andern Formen aus den verschiedensten Klassen und Ordnungen der Metazoen gemacht worden, und alle haben zu dem gleichen Schlusse geführt. Namentlich aber waren es die experimentellen Untersuchungen der letzten Jahre, die auf diese Frage ein helles Licht geworfen haben.

In dieser Beziehung verdienen in erster Linie die ausgezeichneten Untersuchungen A. Fischel's über die Entwicklung der Ctenophoren unter normalen und gestörten Verhältnissen hervorgehoben zu werden. In seiner Abhandlung über »Entwickelung und Organ-Differenzirung« (Arch. f. Entwicklungsmechanik, XV. Bd., 1903) fasst er die Resultate in die Worte zusammen: »Im Wesentlichen ist die Organisation des Ctenophorenkeimes höchst wahrscheinlich schon im ungefurchten Ei in Form einer ganz bestimmten Lagerungsart verschiedener Plasmaqualitäten präformirt enthalten« (S. 712).

Die Frage nun, ob diese bestimmte Anordnung und Gruppierung der Plasmaqualitäten zunächst nur den Kern der Keimzellen betrifft, und ob in weiterer Folge vom Kern eine ordnende und richtende Einwirkung auf das Protoplasma ausgeht, oder aber, ob von allem Anfang an die Plasmaqualitäten in Kern und Protoplasma bestimmt geordnet sind, ist vorderhand von mehr nebensächlicher Bedeutung. Die Hauptsache ist, dass die entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen mit Notwendigkeit zu der Annahme einer bestimmten Anordnung und Gruppierung der Plasmaqualitäten überhaupt drängen. Nach dem früher Gesagten (Anm. 17) sind aber diese Plasmaqualitäten ihrerseits wieder an bestimmt geordnete morphologische Strukturen geknüpft zu denken.

Von dieser durch zahlreiche Beobachtungen gekräftigten und gestützten Annahme einer bestimmten topischen Anordnung der Plasmateilchen innerhalb eines festen Gerüstes haben alle Versuche einer Erklärung der Vererbung erworbener Eigenschaften auszugehen.

Die Übertragung einer neuen Eigenschaft kann nach dem heutigen Stande unsres Wissens kaum durch etwas andres, als durch das Blut oder — bei niederen Formen — durch die Hämolymphe oder, wenn man einen noch allgemeineren Ausdruck vorzieht, durch die Körpersäfte vermittelt werden. Nun haben wir guten Grund anzunehmen, dass alle Organe durch die Ausübung ihrer Funktion die Zusammensetzung des Blutes in irgend einer, wenn auch noch so geringen Weise verändern. Das lehren die Erscheinungen, welche nach der Totalexstirpation der Schilddrüse

auftreten, die Erscheinungen, welche der Kastration folgen, die Erscheinungen, welche die Erkrankung der Nebennieren begleiten, und zahlreiche andere Tatsachen.

Wenn nun ein Organ durch mehrere Generationen dauernd stärker funktioniert, so werden die Keimzellen in etwas andrer Weise ernährt werden, als dies früher der Fall war. Wir können sagen, es wird durch die funktionierenden Organe das Blut in seiner chemischen Zusammensetzung verändert, und diese Veränderung wirkt ihrerseits wieder verändernd auf die Qualitäten der Keimzelle. Nun ist kaum anzunehmen, dass hierdurch neue Qualitäten der Keimzelle entstehen, und noch weniger, dass diese neuen Qualitäten sich an beliebiger Stelle in das feste Gefüge der alten einordnen; sondern es ist viel wahrscheinlicher, dass die Veränderung des Blutes nur auf die bereits vorhandenen Qualitäten der Keimzelle und zwar nur auf diejenigen, welche gewissermassen schon auf sie abgestimmt sind, verändernd oder verstärkend einwirken werde.

Wenn sich dann aus der Keimzelle ein neuer Organismus entwickelt, so werden gerade nur diejenigen Organe verändert oder gekräftigt erscheinen, welche sich auf Grund der veränderten oder gekräftigten Plasmaqualitäten der Keimzelle gebildet haben.

21) Pflüger's Archiv, 15. Bd., 1877, S. 84 u. 85.

22) Vgl. hierzu auch Anm. 20.

23) De Vries gibt, wie früher erwähnt, an, dass die Mutationen »richtungslos« seien, während die Mutationen, von denen hier die Rede ist, eine ganz bestimmte Richtung einhalten, eine Richtung, welche von der Funktion der betreffenden Organe bestimmt wird. Nichtsdestoweniger glaube ich zu der Bezeichnung »Mutationen im Sinne von de Vries« berechtigt zu sein. Denn eine Mutation oder Variation grösseren Umfangs — denn das sind doch im Grunde die Mutationen de Vries' — wird bei ihrem ersten Auftreten nur dann dem Beobachter als bestimmt »gerichtet« erscheinen, wenn er die Funktion des mutierenden Organs genau und in allen Details kennt, und überdies gewöhnlich nur dann, wenn die Mutation sozusagen rein quantitativ ist. In weitaus der Mehrzahl der Fälle wird der Beobachter geneigt sein,

eine plötzlich auftretende Mutation, wenn sie auch noch so zweckmässig und nützlich und daher auch noch so dauerfähig ist, als richtungslos zu bezeichnen und in ihr vielleicht sogar geradezu eine Missbildung zu erblicken.

Ich will dies an ein paar Beispielen erläutern. Denken wir uns, es würde sich, wie dies beim Übergang von den Anamniern zu den Amnioten geschehen ist, das Hinterende der Urniere excessiv entwickeln, es würde hier eine viel grössere Zahl von Harnkanälchen zur Ausbildung kommen, als dies sonst für einen Abschnitt von bestimmter Länge die Regel ist, die Urniere würde also hinten zu einem förmlichen Knoten anschwellen. Der Pathologe würde in einem solchen Fall geradezu von dem Auftreten einer Drüsengeschwulst, eines Adenoms, sprechen, und doch würde es sich um den ersten Anfang einer durchaus nützlichen Bildung, um den ersten Anfang einer Nachniere oder eines Metanephros, handeln. Die Bildung würde in der Richtung eines bestimmten funktionellen Reizes liegen und dem erhöhten Stoffwechsel ihre ursächliche Entstehung verdanken.

Oder nehmen wir an, es würde sich, wie dies während der phylogenetischen Entwicklung der Wirbeltiere wahrscheinlich geschehen ist, aus einer oligodactylen, etwa zweizehigen, eine pentadactyle, fünfzehige Extremität entwickeln. Die Tatsachen der vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte lassen es als wahrscheinlich erscheinen, dass die Zehen der Reihe nach an der Kleinfinger- bezw. Kleinzehenseite der zweifingerigen Extremität hervorgesprosst sind. Nun ist es ganz wohl denkbar, dass eine neu entstehende Zehe im Beginn ihrer phylogenetischen Entwicklung nicht etwa zunächst einen bedeutungslosen Hautanhang dargestellt habe, sondern dass sie gleich als wohlcharakterisierte, wenn auch noch so kleine, Zehe in die Erscheinung getreten ist, also als ein Gebilde mit allen charakteristischen Bestandteilen einer Zehe, wie Skelett, Muskeln, Nerven und Gefässen. Käme nun heute ein solcher Fall zur Beobachtung, so würde man ohne Zweifel von einer Polydactylie, also von einer pathologischen Bildung sprechen, und doch würde es sich um die Bildung eines durchaus zweckmässigen Organs handeln, das als Antwort auf einen durch viele Genera-

tionen auf die betreffende Stelle des Fusses ausgeübten funktionellen Reizes entstanden ist (vgl. Genaueres darüber: C. Rabl, Gedanken und Studien über den Ursprung der Extremitäten. Zeitschr. f. wiss. Zoologie, 1901).

24) Moriz Wagner, Die Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung. Gesammelte Aufsätze. Basel 1889.

25) Meine Auffassung der Bedeutung des Kampfes ums Dasein ist also im wesentlichen dieselbe, wie die von de Vries. In ähnlichem Sinne haben sich auch Pfeffer, Emery, Ortmann u. a. ausgesprochen. Vgl. darüber Plate l. c.

26) Ein »Vervollkommnungsprinzip« hat schon v. Nägeli angenommen, ohne ihm aber eine physiologische Begründung zu geben. Wie sich v. Nägeli die Wirksamkeit dieses Prinzips dachte, erhellt aus folgenden Sätzen: »Nach dem Vervollkommnungsprincip erbt das Kind (Individuum oder Stamm) als mechanische Nothwendigkeit die Eigenschaften der Eltern, und da unter diesen Eigenschaften auch die Veränderung in der Richtung nach oben sich befindet, so erlangt es eine etwas vollkommenere, d. h. zusammengesetztere Organisation und erzeugt wieder mit mechanischer Nothwendigkeit noch vollkommenere Nachkommen. Der niedrigste, uns aus Erfahrung bekannte, aus einem blossen Plasmatropfen bestehende Organismus ist aus einem noch einfacheren Wesen hervorgegangen, und er bringt mit mechanischer Nothwendigkeit einen zweiten Organismus hervor, der sich zu ihm verhält, wie er selber zu dem ihn erzeugenden Wesen.« (C. v. Nägeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre. München u. Leipzig, 1884, S. 15.)

Verlag von **Wilhelm Engelmann** in **Leipzig.**

Eimer, G. H. Theodor, **Vergleichend-anatomisch-physiologische Untersuchungen über das Skelett der Wirbeltiere.** Nach seinem Tode herausgegeben von C. Fickert und Gräfin M. von Linden. Mit 66 Abbildungen im Text. gr. 8. 1901. (Die Entstehung der Arten. III. Teil.) ℳ 12.—; in Halbfranz geb. ℳ 14.50.

Gegenbaur, Karl, **Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere mit Berücksichtigung der Wirbellosen.** I. Band: Einleitung. Integument, Skelettsystem, Muskelsystem, Nervensystem und Sinnesorgane. Mit 619 zum Teil farbigen Figuren im Text. gr. 8. 1898.
ℳ 27.—; in Halbfranz geb. ℳ 30.—.

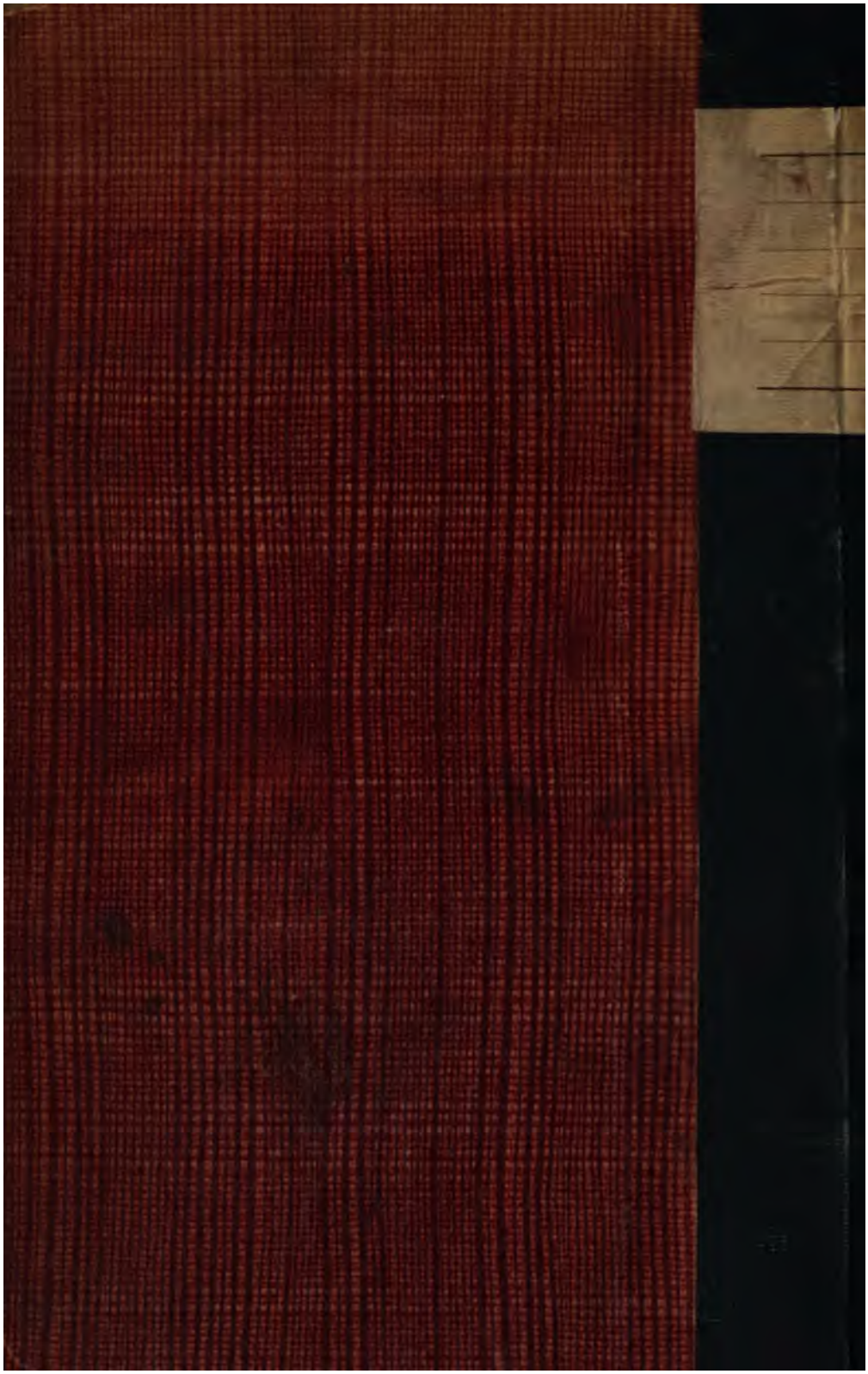
— — II. (Schluß-) Band: Darmsystem und Atmungsorgane, Gefäßsystem, Harn- und Geschlechtsorgane (Urogenitalsystem). Mit 355 Figuren im Text und dem Register für beide Bände. gr. 8. 1901.
ℳ 20.—; in Halbfranz geb. ℳ 23.—.

Goette, Alexander, **Lehrbuch der Zoologie.** Mit 512 Abbildungen im Text. gr. 8. 1902.
ℳ 12.—; in Leinen geb. ℳ 13.—.

Haberlandt, G., **Sinnesorgane im Pflanzenreich zur Perception mechanischer Reize.** Mit 8 lithographischen Tafeln und einer Figur im Text. gr. 8. 1900. ℳ 9.—.

Hildebrand, Friedrich, **Über Ähnlichkeiten im Pflanzenreiche.** Eine morphologisch-biologische Betrachtung. 8. 1902. ℳ 1.60.

Kohlwey, Heinrich, **Arten- und Rassenbildung.** Eine Einführung in das Gebiet der Tierzucht. Mit einem Vorwort von G. H. Th. Eimer. Mit 5 Textfiguren. 8. 1897. ℳ 1.60.

Krašan, Franz, **Ansichten und Gespräche über die individuelle und spezifische Gestaltung in der Natur.** 8. 1903. ℳ 6.—.

Kroell, H., **Der Aufbau der menschlichen Seele.** Eine psychologische Skizze. Mit 14 Abbildungen im Text. gr. 8. 1900.
ℳ 5.—; in Leinen geb. ℳ 6.—.